

X-by-wire system for vehicle has redundant modules in units with first modules networked to form subsystem, likewise second modules

Publication number: DE10112514 (A1)

Publication date: 2002-06-27

Inventor(s): BINFET-KULL MARIA [DE]; GERPEN DIETER VON [DE] +

Applicant(s): VOLKSWAGEN AG [DE] +

Classification:

- **international:** **B60G17/0195; B60T13/74; B62D5/00; B62D5/04; B60G17/015; B60T13/00; B62D5/00; B62D5/04;** (IPC1-7): B62D5/04; B60R16/02; B60T13/74; B62D6/00

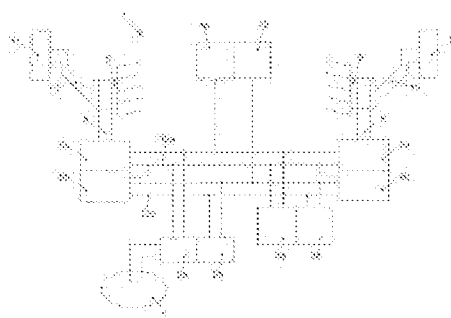
- **European:** B60T13/74; B60G17/0195; B62D5/00B; B62D5/00B2

Application number: DE20011012514 20010309

Priority number(s): DE20011012514 20010309; DE20001065790 20001222

Abstract of DE 10112514 (A1)

The system has sensor(s) for detecting input device operation, a controller(s) for determining a desired setting effect and a power supply(ies). The sensor, power supply, actuator system and controller each consist of two redundant modules forming a unit. The modules of a unit are decoupled without interactions. The first modules are networked together to form a subsystem as are the second modules. The second subsystem contains only second modules. The system has at least one sensor (2a,2b) for detecting operation of an input device, at least one controller (3a,3b) for determining a desired setting effect and at least one power supply (4a,4b). The sensor, power supply, actuator system (5a-6b) and controller are each composed of two redundant modules forming a unit. The modules of a unit are decoupled without interactions. The first modules are networked together to form a subsystem as are the second modules. The second subsystem consists only of second modules.



.....
Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 12 514 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 62 D 5/04
B 62 D 6/00
B 60 R 16/02
B 60 T 13/74

②① Aktenzeichen: 101 12 514.3
②② Anmeldetag: 9. 3. 2001
④③ Offenlegungstag: 27. 6. 2002

DE 101 12 514 A 1

⑥⑥ Innere Priorität:
100 65 790. 7 22. 12. 2000

⑦① Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

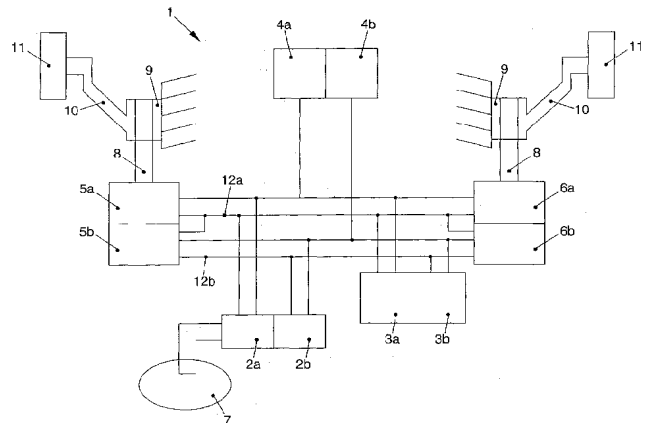
⑦④ Vertreter:
Patentanwälte Effert, Bressel und Kollegen, 12489
Berlin

⑦② Erfinder:
Binfet-Kull, Maria, Dipl.-Ing., 38476 Barwedel, DE;
Gerpen, Dieter von, Dipl.-Ing., 38154 Königsutter,
DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ X-by-wire-System für ein Fahrzeug

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein X-by-wire-System (1) für ein Fahrzeug, umfassend mindestens einen Sensor (2a, 2b) zur Erfassung einer Betätigung einer Eingabeeinrichtung, mindestens ein Steuergerät (3a, 3b) zur Ermittlung einer Sollstellwirkung und mindestens eine Energieversorgung (4a, 4b), wobei Sensor (2a, 2b), Steuergerät (3a, 3b), Stellsystem (5a, 6b; 6a, 6b) und Energieversorgung (4a, 4b) jeweils redundant aus ersten und zweiten Modulen zusammengesetzt sind und die zwei Module (a, b) eine Baugruppe bilden, wobei die Module (a, b) eine Baugruppe voneinander rückwirkungsfrei entkoppelt sind, wobei die ersten Module (a) miteinander vernetzt sind und ein erstes Subsystem (1) bilden und die zweiten Module (b) miteinander vernetzt sind und ein zweites Subsystem bilden, wobei mindestens das zweite Subsystem ausschließlich aus den zweiten Modulen (b) gebildet ist.



DE 101 12 514 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein X-by-wire-System für ein Fahrzeug gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Die Elektrik/Elektronik findet immer mehr Einzug ins Kraftfahrzeug. Einfachere elektrische Systeme wie zum Beispiel Licht und Scheibenwischer befinden sich schon seit mehreren Jahrzehnten im Fahrzeug. Diese Systeme stellen die erste Stufe beim Einsatz von Elektrik/Elektronik im Kraftfahrzeug dar.

[0003] Seit zum Teil ca. 20 Jahren sind fahrerunterstützende Systeme wie zum Beispiel automatische Blockierverhinderer, Geschwindigkeitsregelanlagen und automatische Distanzregelsysteme bekannt. Sie folgten als die zweite Stufe der Automobilelektrifizierung. Diese Systeme weisen eine höhere Sicherheitsrelevanz als elektrische Kraftfahrzeugsysteme der ersten Generation auf, weil sie unter Umständen fehlerhaft aktiv in das Fahrgeschehen eingreifen könnten. Ihr Sicherheitskonzept beruht auf dem Vorhandensein einer mechanischen Rückfallebene, die bei Ausfall der elektrischen Systeme die Grundfunktionen eines Fahrzeug wie Beschleunigen, Bremsen, Lenken und Schalten gewährleisten soll.

[0004] In Bezug auf Sicherheitsrelevanz bilden Systeme, bei denen die Grundfunktionen des Fahrzeugs (Beschleunigen, Bremsen, Lenken, Schalten) ohne mechanischen Durchgriff realisiert sind, die dritte Entwicklungsstufe von elektrischen Systemen im Kraftfahrzeug. Bei mehreren Grundfunktionen ohne mechanischen Durchgriff wird das System im internationalen Sprachgebrauch als Drive-by-Wire bezeichnet. Die Funktion Beschleunigung ohne mechanischen Durchgriff ist als E-Gas bekannt und befindet sich in Serie. Bremsen ohne mechanischen Durchgriff wird als Brake-by-Wire bezeichnet und Lenken ohne mechanischen Durchgriff als Steer-by-Wire. Entsprechend wird die elektrisch betätigte Getriebebeschaltung Shift-by-Wire genannt.

[0005] Für Systeme wie dem Steer-by-Wire sind Sicherheitskonzepte mit Redundanz notwendig. Elektronische Komponenten können je nach Sicherheitskonzept ohne Vorwarnung ausfallen. Im Gegensatz dazu besitzen viele mechanische Komponenten für einen großen Anteil der Ausfallarten Funktionseinschränkungen als Vorwarnung für den baldigen Systemausfall. Ein Systemausfall ohne Vorwarnung würde den Benutzer eines Steer-by-Wire in gefährliche Situationen bringen. Aus diesem Grund müssen solche Systeme zumindest mit einer Rückfallebene ausgestattet werden, die z. B. durch die Einführung von Bauteil- oder Funktionsredundanzen realisierbar ist. Dies kann zu einer Erhöhung der Systemkomplexität und damit zur Erhöhung des Realisierungsaufwands führen. Zum früheren Zeitpunkt des Produkt-Entstehungs-Prozesses ist der notwendige Aufwand noch nicht abschließend definiert und es sind noch nicht alle möglichen Maßnahmen zur Aufwandsreduzierung geprüft worden. Erst anschließend ist eine Aufwands-/Nutzenabschätzung möglich.

[0006] Aus der DE 195 26 250 A1 ist ein gattungsgemäßes Brems- und Lenksystem für Fahrzeuge bekannt, wobei das Fahrzeug mindestens zwei Achsen aufweist, wobei an jeder Achse für jedes Rad eine Bremsfunktion und an zumindest einer Achse eine Lenkfunktion durchgeführt wird, wobei mindestens eine fehlertolerante, vorzugsweise redundante Recheneinheit vorgesehen ist, in der für jedes Rad eine Sollbremswirkung und für jedes Rad mit Lenkfunktion eine Solllenkwirkung aufgrund von Sensorsignalen ermittelt wird, wobei die Bremsfunktion und die Lenkfunktion aufgrund der ermittelten Sollbremswirkung und Solllenkwir-

kung mittels Stellsystemen geregelt bzw. gesteuert wird, das Stellsystem für die Bremsfunktion eine Betriebsbremse und für die Lenkfunktion zusätzlich einen Lenksteller beinhaltet, wobei die Stellsysteme mittels einer fehlertoleranten Kommunikationseinrichtung mit der Recheneinheit verbunden sind und wobei das Fahrzeug eine fehlertolerante Energieversorgung für die Stellsysteme und die Recheneinheit aufweist. Weiter wird vorgeschlagen, dass das Fahrzeug wenigstens zwei unabhängig voneinander arbeitende, mit verschiedenen Rädern wirkverbundene Lenksteller aufweist. Vorzugsweise besteht die fehlertolerante Energieversorgung aus einer Fahrzeugbatterie und zumindest einem weiteren Energiespeicher im Fahrzeug, wobei die dem einzelnen Rad zugeordneten Stellsysteme durch zumindest zwei voneinander unabhängige Speicher für Energie versorgt sind. Nachteilig an dem bekannten Brems- und Lenksystem ist, dass aufgrund der komplexen Systemarchitektur aufwendige Kommunikationsprotokolle notwendig sind und über die Vernetzungen schwer abschätzbare Fehler auftreten können.

[0007] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, ein X-by-wire-System für ein Fahrzeug zu schaffen, das mit wenig Bauteilen und geringerer Redundanz bei einfachem Aufbau eine gute Fehlertoleranz aufweist.

[0008] Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch den Gegenstand mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Hierzu sind die Module einer Baugruppe voneinander rückwirkungsfrei entkoppelt, wobei die ersten Module miteinander vernetzt sind und ein erstes Subsystem bilden und die zweiten Module miteinander vernetzt sind und ein zweites Subsystem bilden, wobei mindestens das zweite Subsystem ausschließlich aus den zweiten Modulen gebildet ist. Neben der Einfehlertoleranz aufgrund der vorhandenen Redundanzen aller Baugruppen ist die Architektur des X-by-wire-Systems sehr einfach und weist eine minimale Anzahl von Verknüpfungen auf. Dadurch wiederum wird die Gesamtzuverlässigkeit des Systems erhöht, da jede Verknüpfung eine Fehlerquelle darstellt. Aufgrund der Entkopplung der Module einer Baugruppe kann ein Einfachfehler innerhalb eines Moduls keine Rückwirkungen auf die gesamte Baugruppe haben. Dies vereinfacht darüber hinaus die Abschätzung der Gesamtzuverlässigkeit von Baugruppen und Gesamtsystem.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die maximale Sollstellwirkung auf die beiden Module des Stellsystems aufgeteilt und das erste Modul des Steuergerätes im ersten Subsystem mit beiden Modulen des Stellsystems verbunden. Hierdurch kann der hardwaremäßige Aufwand bezüglich der Stellsysteme reduziert werden, was mittels einer einzigen zusätzlichen Verknüpfung möglich ist, die keine Rückwirkungen auf das übrige erste Subsystem hat.

[0011] Vorzugsweise erfolgt die Kommunikation zwischen den Baugruppen über ein redundantes, vorzugsweise zeitgesteuertes Bussystem, das darüber hinaus vorzugsweise mit einer Diagnosefähigkeit bezüglich der Teilnehmer- und Verbindungsüberwachung ausgebildet ist.

[0012] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist den Energieversorgungen jeweils eine Energieüberwachungseinheit zugeordnet. Hierdurch werden frühzeitig "schlafende" Fehler wie beispielsweise fast entladene Batterien erfasst, so dass rechtzeitig entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen oder Warnmeldungen ausgegeben werden können.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Module der Sensoren und/oder Stellsysteme fail-silent ausgebildet, um eine Fehlerfortpflanzung zu verhindern. Zur Realisierung der fail-silent-Eigenschaft sind verschiedene

Konzepte möglich. Hierzu können vorzugsweise die Sensoren neben einer Messbereichserkennung ihre eigenen Werte mit Hilfe von Modellen überprüfen, was beispielsweise in "Isermann, R.: Mechatronische Systeme: Grundlagen, Berlin Springer-Verlag 1999", beschrieben ist, oder die Sensoren sind redundant ausgeführt.

[0014] Zur weiteren Reduzierung der Hardware kann das redundante Steuergerät in die Baugruppe der Sensoren integriert werden, da dort ohnehin Steuergeräte für eine Buskommunikation vorhanden sind.

[0015] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das X-by-wire-System als Brake- und/oder als Steer-by-wire-System ausgebildet, wobei jedem Rad mindestens einer Achse ein separates Stellsystem zur Erzeugung einer Bremskraft und/oder Lenkwirkung am Rad zugeordnet ist. Dadurch können die Stellsysteme im Gegensatz zu gekoppelten Ausführungsformen in der Nähe der Radkästen angeordnet werden, was zusätzlich Bauraum schafft. Ein weiterer Vorteil ist die redundante Ausbildung an jedem Rad, so dass auch bei Einfachfehlern eine gleichmäßige Brems- oder Lenkwirkung an den Rädern erreichbar ist. Bei Aufteilung der Sollstellwirkungen auf die Module sowie Verwendung von Doppelwicklungsmotoren beschränkt sich der Mehraufwand im Wesentlichen auf ein zusätzliches Steuergerät für den Motor.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die einzige Figur zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Steer-by-wire-Systems für die Vorderachse eines Fahrzeugs.

[0017] Das Steer-by-wire-System 1 umfasst jeweils zwei Module Lenkrad-Sensoren 2a, 2b, Steuergeräte 3a, 3b, Energieversorgung 4a, 4b und Stellsysteme 5a, 5b, 6a, 6b. Weiter umfasst das Steer-by-wire-System 1 ein Lenkrad 7, das über eine elektrische und/oder mechanische Wirkverbindung mit den beiden Sensormodulen 2a, 2b verbunden ist. Über eine Welle 8 sind die Stellsysteme 5a, 5b bzw. 6a, 6b mit mechanischen Stellsystemen 9 verbunden, die über eine Spurstange 10 die Räder 11 mit der gewünschten Soll-Lenkwirkung beaufschlagen. Die jeweils zusammengehörigen zwei Module 2a, 2b; 3a, 3b; 4a, 4b; 5a, 5b und 6a, 6b bilden eine Baugruppe, wobei der Begriff nur funktionell gemeint ist. So können zwar die beiden Module einer Baugruppe in einer Baueinheit räumlich beieinander angeordnet sein oder aber auch räumlich getrennt angeordnet sein.

[0018] Die Kommunikation zwischen den einzelnen Baugruppen erfolgt über ein redundantes Bussystem 12a, 12b. Des weiteren sind die beiden Module einer Baugruppe voneinander entkoppelt, so dass Einfachfehler eines Moduls keine Auswirkungen auf das andere Modul haben.

[0019] Das Steer-by-wire-System lässt sich in zwei Subsysteme aufteilen. Das erste Subsystem umfasst den Sensor 2a, das Steuergerät 3a, die Energieversorgung 4a und die Stellsysteme 5a, 5b; 6a, 6b sowie bedingt den Sensor 2b, was noch näher erläutert wird, wobei die Kommunikation ausschließlich über das Bussystem 12a stattfindet. Dieses erste Subsystem hat die Funktion eines Masters und übernimmt im Normalfall die komplette Steuerung. Das erste Subsystem beinhaltet alle Module mit einem a. Die beiden zusätzlichen Module 5b, 6b sind im dargestellten Ausführungsbeispiel Bestandteil des ersten Subsystems, da die Maximale Soll-Lenkwirkung an einem Rad 11 auf die beiden Module 5a, 5b bzw. 6a, 6b aufgeteilt sind, so dass beispielsweise jedes Modul ca. 60–70% der maximalen Lenkwirkung aufbringt. Wird hingegen jedes Modul 5a, 5b, 6a, 6b auf die maximale Lenkwirkung ausgelegt, so kann auf die Einbindung der Module 5b, 6b in das erste Subsystem verzichtet werden. Der Vorteil der Aufteilung ist der vereinfachte Aufbau des Stellsystems 5a, 5b; 6a, 6b. Dieses kann

dann vorzugsweise als Doppelwicklungsmotor ausgebildet sein, wobei jeder Wicklung ein separates internes Steuergerät zugeordnet ist, so dass der redundante Aufbau des Stellsystems 5a, 5b; 6a, 6b sich hardwaremäßig nur in einem zusätzlichen Steuergerät bemerkbar macht. Die Aufnahme des Sensormoduls 2b in das erste Subsystem ergibt sich ebenfalls durch die Verwendung eines Doppelwicklungsmotors. Dieser Doppelwicklungsmotor dient zur Erzeugung eines Rückstellmomentes, um den Kraftfahrzeugführer haptisch eine Rückmeldung entsprechend der Lenkstellung zu geben. Prinzipiell wäre es jedoch denkbar, zwei vollständig redundante Rückstellmomentmotoren zu verwenden, so dass Sensormodul 2b nicht in das erste Subsystem eingebaut werden müsste. Wie jedoch ersichtlich, können durch die Verwendung der Doppelwicklungsmotoren drei Motoren eingespart werden.

[0020] Das zweite Subsystem wird durch die Module 2b, 3b, 4b, 5b, 6b und 12b gebildet und kann auch als Backup oder Rückfallebene bezeichnet werden.

[0021] Wie bereits erwähnt, wird die Steuerung im Normalfall vom ersten Subsystem durchgeführt. Hierzu erfasst ein Sensor im Sensormodul 2a eine Lenkbewegung am Lenkrad 7. Ein im Sensormodul 2a angeordnetes Lenkradsteuergerät überträgt dann die erfassten Signale über das Bussystem 12a an das Steuergerät 3a. Das Steuergerät 3a generiert dann Daten für Soll-Lenkwirkung und überträgt diese an die Stellsysteme 5a, 5b bzw. 6a, 6b. Diese Daten werden jeweils von einem Steuergerät am Eingang jedes Moduls 5a, 5b, 6a, 6b empfangen und in ein Stellsignals für die zugehörige Wicklung umgesetzt. Die jeweils resultierenden Kräfte werden dann über die Welle 8 auf das zugehörige mechanische Stellsystem 9 übertragen, das dann über die Spurstange 10 jeweils das zugehörige Rad 11 auslenkt. Das mechanische Stellsystem 9 ist dabei beispielsweise als Schneckengetriebe ausgebildet. Die Sensoren 2a, 2b sind vorzugsweise fail-silent ausgebildet, d. h. diese führen selbst eine Fehlererkennung durch und senden im Fehlerfall keine Signale mehr. Hierzu überprüfen diese ihre eigenen Werte mit Hilfe von Modellen oder sind redundant ausgebildet. Die Darstellung des Lenkmomentes am Lenkrad 7 erfolgt entsprechend zur Lenkwinkelgenerierung an den Rädern 11. Hierzu werden die Spurstangenkräfte an den Rädern 11 mit Hilfe von Sensoren ermittelt, die Bestandteil der Stellsysteme 5a, 5b, 6a, 6b sind und vorzugsweise im Bereich des mechanischen Stellsystems 9 und der Spurstange 10 angeordnet sind. Die erfassten Daten werden dann über das Bussystem 12a an das Steuergerät 3a weitergeleitet und von dort an die Sensormodule 2a, 2b übertragen, wo diese auf die Wicklungen des Doppelwicklungsmotors aufgeteilt werden. Wie ersichtlich, kann das erste Subsystem auch noch bei Ausfall eines Moduls des Stellsystems 5a, 5b, 6a, 6b ohne bemerkenswerte Funktionseinschränkung weiter arbeiten. Fällt hingegen das Modul der Energieversorgung 4a, das Steuergerät 3a oder das Bussystem 12a aus, so muss das erste Subsystem abgeschaltet werden und das zweite Subsystem bildet die Rückfallebene. Das zweite Subsystem stellt nur eine Grund-Lenkfunktion zur Verfügung, da nur noch die Module 5b, 6b angesteuert werden. Dies ist aber im Fahrbetrieb nicht schädlich, wie folgende Überlegungen beweisen. Die Stellsysteme 5a, 5b bzw. 6a, 6b müssen so ausgelegt sein, dass diese die maximal geforderten Momente beim Lenken im Stand aufbringen, gleichbedeutend mit hohen Kräften bei hoher Dynamik. Während der Fahrt werden diese hohen Momente nicht benötigt. Aus diesem Grunde würde ein plötzlicher Ausfall des ersten Subsystems den Fahrer nicht in sicherheitsrelevante Situationen aufgrund fehlender Dynamik bringen. Es ist dementsprechend ausreichend, in der Rückfallebene nur die Module des Stellsystems 5b, 6b anzu-

steuern.

[0022] Um eine weitere Reduzierung der Hardware zu erreichen, ist es möglich, die Steuergeräte **3a**, **3b** in die Steuergeräte des Doppelwickelmotors in den Sensormodulen **2a**, **2b** zu implementieren. Diese hätte auch eine Reduzierung von Steckern und Leitungen zur Folge, die häufig zu Zuverlässigkeitsproblemen in heutigen Kraftfahrzeugen führen. Ein weiterer Vorteil ist, daß die Sensordaten unmittelbar an ihrem Entstehungsort verarbeitet werden. Dies läßt sich allerdings auch bei separaten Steuergeräten **3a**, **3b** realisieren. In diesem Fall werden die vorhandenen Steuergeräte in den Modulen **2a**, **2b**, **5a**, **5b**, **6a**, **6b** bereits die Sensordaten aus, so daß die verarbeiteten Sensordaten an das Steuergerät **3a**, **3b** gesendet werden.

[0023] Der Vorteil des Steer-by-wire-Systems **1** mit nur einer Rückfallebene ist, dass sich sehr einfach die geforderten Zuverlässigkeitswerte für die Baugruppen bzw. Module bestimmen lassen, damit das Gesamtsystem die geforderten Zuverlässigkeitswerte erhält.

8. X-by-wire-System nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Steilsysteme (**5a**, **5b**; **6a**, **6b**; **2a**, **2b**) einen Doppelwicklungsmotor umfassen, wobei jedem Modul eine Wicklung des Doppelwicklungsmotors zugeordnet ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. X-by-wire-System für ein Fahrzeug, umfassend mindestens einen Sensor zur Erfassung einer Betätigung einer Eingabeeinrichtung, mindestens ein Steuergerät zur Ermittlung einer Sollstellwirkung und mindestens eine Energieversorgung, wobei Sensor, Steuergerät, Steilsystem und Energieversorgung jeweils redundant aus ersten und zweiten Modulen zusammengesetzt sind und die zwei Module eine Baugruppe bilden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Module (a, b) eine Baugruppe voneinander rückwirkungsfrei entkoppelt sind, wobei die ersten Module (a) miteinander vernetzt sind und ein erstes Subsystem bilden und die zweiten Module (b) miteinander vernetzt sind und ein zweites Subsystem bilden, wobei mindestens das zweite Subsystem ausschließlich aus den zweiten Modulen (b) gebildet ist.
2. X-by-wire-System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die maximale Sollstellwirkung auf die beiden Module des Stellsystems (**5a**, **5b**; **6a**, **6b**) aufgeteilt ist und das erste Modul des Steuergerätes (**3a**) im ersten Subsystem mit beiden Modulen des Stellsystems (**5a**, **5b**; **6a**, **6b**) verbunden ist.
3. X-by-wire-System nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kommunikation zwischen den Modulen über ein redundantes Bussystem (**12a**, **12b**) stattfindet.
4. X-by-wire-System nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass den Energieversorgungen (**4a**, **4b**) jeweils eine Energieüberwachungseinheit zugeordnet ist.
5. X-by-wire-System nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Module der Sensoren (**2a**, **2b**) und/oder Steilsysteme (**5a**, **5b**; **6a**, **6b**) und/oder des Steuergerätes (**3a**, **3b**) fail-silent ausgebildet sind.
6. X-by-wire-System nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuergeräte (**3a**, **3b**) in der Baugruppe der Sensoren (**2a**, **2b**) integriert sind.
7. X-by-wire-System nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das X-by-wire-System als Brake- und/oder als Steer-by-wire-System (**1**) ausgebildet ist, wobei jedem Rad (**11**) mindestens einer Achse ein separates Stellsystem (**5a**, **5b**; **6a**, **6b**) zur Erzeugung einer Bremskraft und/oder Lenkwirkung am Rad (**11**) zugeordnet ist.

- Leerseite -

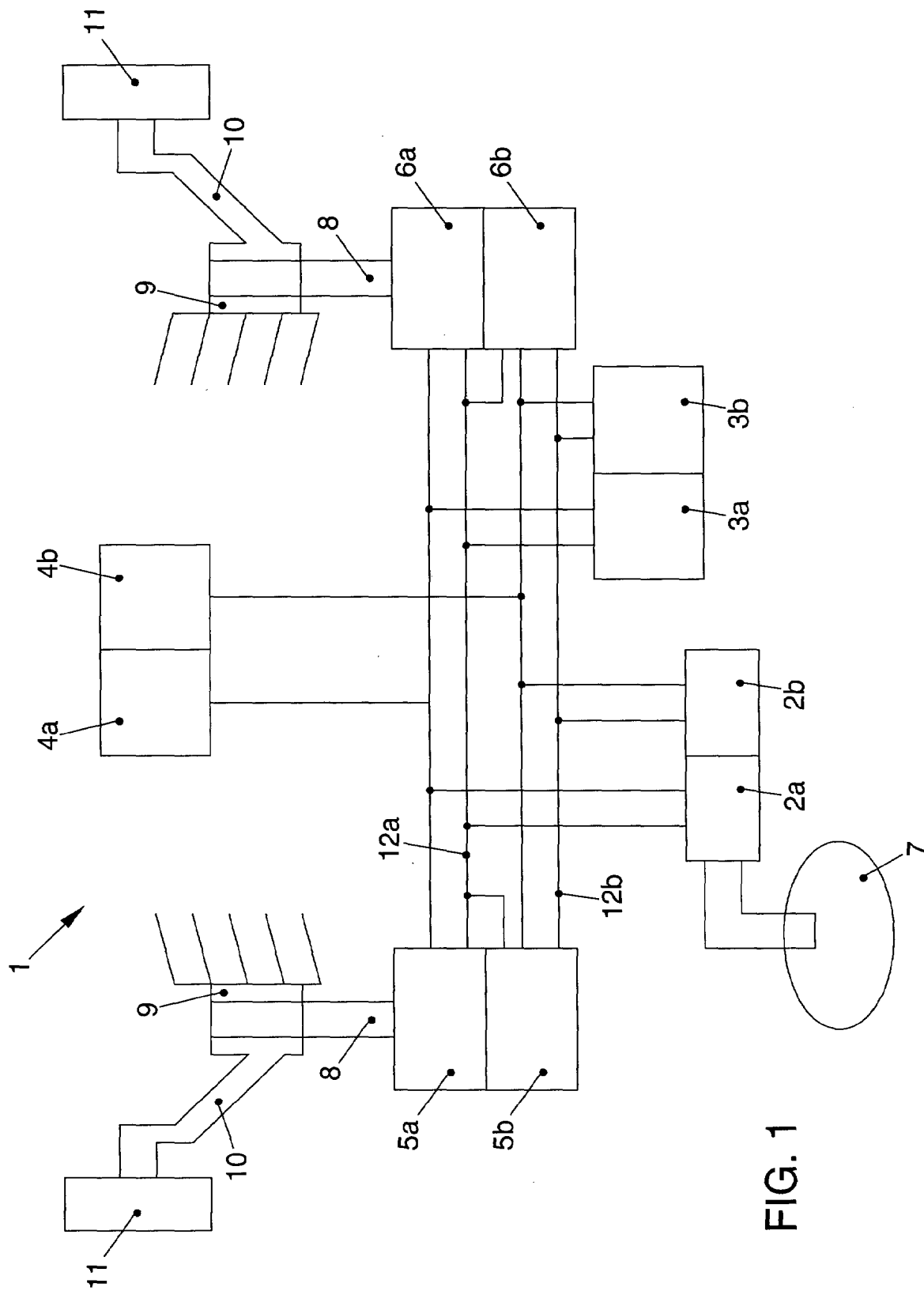


FIG. 1